



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년12월02일
 (11) 등록번호 10-1681231
 (24) 등록일자 2016년11월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01Q 60/42 (2010.01)

(52) CPC특허분류
G01Q 60/42 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0066721

(22) 출원일자 2015년05월13일

심사청구일자 2015년05월13일

(65) 공개번호 10-2016-0134913

(43) 공개일자 2016년11월24일

(56) 선행기술조사문헌

기능성 탐침이 통합된 하이드로젤 원자현미경 캔틸레버의 제작, 이재설, 이정철, 대한기계학회 춘추학술대회, (2014.11). 1497-1501 (5 page)*

A flexible, quantum dot-labeled cantilever post array for studying cellular microforces, Kweku A. Addae-Mensah DHL 외 6인, Sensors and Actuators A 136 , (2007.01.12), 385-397*

KR101450749 B1

KR1020060000815 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

이정철

서울특별시 강남구 선릉로 221 204동 1202호

김석범

서울특별시 강남구 언주로 332 101동 1502호 (역삼동,역삼푸르지오아파트)

이재설

울산광역시 울주군 범서읍 점촌1길 13-9 3층 (구영리)

(74) 대리인

지현조

전체 청구항 수 : 총 10 항

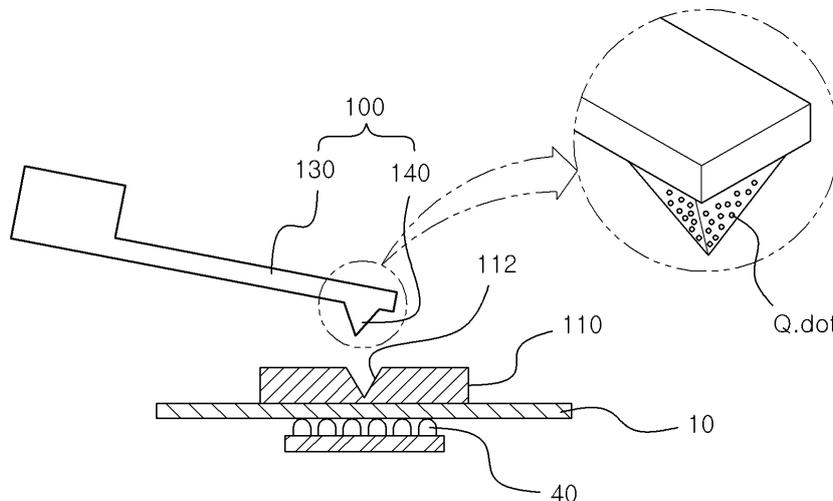
심사관 : 양찬호

(54) 발명의 명칭 기능성 탐침을 갖는 미소 캔틸레버 제조방법

(57) 요약

캔틸레버 및 캔틸레버 상에 제공되는 기능성 탐침을 갖는 미소 캔틸레버의 제조방법은, 기능성 탐침을 위한 양자점이 혼합된 액상의 탐침용 용액이 수용되며, 기능성 탐침의 형상에 대응하는 그루브를 갖는 탐침 몰드를 제공하는 단계, 기능성 탐침의 위치에 대응하여 캔틸레버를 그루브가 형성된 탐침 몰드에 접촉시키는 단계, 캔틸레버를 탐침 몰드에 접촉시킨 상태에서 그루브 내에 수용된 탐침용 용액을 경화시켜 캔틸레버 상에 기능성 탐침을 형성시키는 단계, 및 캔틸레버를 탐침 몰드에서 분리하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도4



명세서

청구범위

청구항 1

캔틸레버(cantilever) 및 상기 캔틸레버 상에 제공되는 기능성 탐침(probe)을 갖는 미소 캔틸레버의 제조방법에 있어서,

상기 기능성 탐침을 위한 양자점(quantum dot)이 혼합된 액상의 탐침용 용액이 수용되며, 상기 기능성 탐침의 형상에 대응하는 그루브(groove)를 갖는 탐침 몰드를 제공하는 단계;

상기 기능성 탐침의 위치에 대응하여 상기 캔틸레버를 상기 그루브가 형성된 상기 탐침 몰드에 접촉시키는 단계;

상기 캔틸레버를 상기 탐침 몰드에 접촉시킨 상태에서 상기 그루브 내에 수용된 상기 탐침용 용액을 경화시켜 상기 캔틸레버 상에 상기 기능성 탐침을 형성시키는 단계; 및

상기 캔틸레버를 상기 탐침 몰드에서 분리하는 단계;

를 포함하되, 상기 탐침 몰드의 형상을 변형시켜 상기 그루브의 형상을 변형시키고, 상기 그루브의 형상에 대응하는 상기 기능성 탐침을 형성시키는 것을 특징으로 하는 미소 캔틸레버의 제조방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 탐침 몰드를 외부에서 가압하는 가압부재를 제공하며,

상기 가압부재로 상기 탐침 몰드를 가압하여 변형된 상기 그루브의 형상에 대응하는 상기 기능성 탐침을 형성시키는 것을 특징으로 하는 미소 캔틸레버의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 탐침용 용액은 자외선 경화제를 포함하며, 상기 자외선 경화제를 경화시켜 상기 기능성 탐침을 형성시키는 것을 특징으로 하는 미소 캔틸레버의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

경화된 상기 액상의 탐침용 용액은 상기 캔틸레버에 대해서 상기 탐침 몰드보다 상대적으로 강한 접착성을 갖는 것을 특징으로 하는 미소 캔틸레버의 제조방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 탐침용 용액 및 상기 캔틸레버는 디아크릴레이트(1,6-hexanediol diacrylate; HDDA), 폴리에틸렌글리콜디아크릴레이트(polyethylene glycol diacrylate; PEGDA) 중 어느 하나를 포함하며,

상기 탐침 몰드는 폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane; PDMS)를 포함하는 것을 특징으로 하는 미소 캔틸레버의 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 캔틸레버는,

접합 베이스 및 비접합 베이스를 갖는 베이스 블록을 제공하는 단계;

상기 베이스 블록의 상면에 액상의 캔틸레버용 합성수지를 상기 캔틸레버의 두께에 대응하게 제공하는 단계; 및
 광 경화제를 포함하는 액상의 상기 캔틸레버용 합성수지에 광을 조사하여 상기 캔틸레버용 합성수지를 상기 접합 베이스 및 상기 비접합 베이스의 경계를 경유하도록 경화시키는 단계;

를 거쳐서 제공되며, 상기 접합 베이스는 경화된 상기 캔틸레버용 합성수지에 대해서 상기 비접합 베이스보다 상대적으로 강한 접합성을 갖는 것을 특징으로 하는 미소 캔틸레버의 제조방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 비접합 베이스는 폴리디메틸실록산(PDMS)을 포함하며,

상기 캔틸레버용 합성수지는 폴리에틸렌글리콜디아크릴레이트(PEGDA)를 포함하여,

액상의 상기 캔틸레버용 합성수지가 경화되어 형성되는 상기 캔틸레버는 상기 접합 베이스 상면에 접합되며, 상기 비접합 베이스의 상면에는 비접합되는 것을 특징으로 하는 미소 캔틸레버의 제조방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

액상의 상기 캔틸레버용 합성수지를 상기 캔틸레버의 두께에 대응하는 두께로 제공하는 단계는,

상기 베이스 블록의 상면에 커버 블록을 밀착시킨 상태에서 상기 베이스 블록으로부터 상기 커버 블록을 상기 캔틸레버의 두께에 대응하는 간격으로 이격시켜 모세관 현상에 의해서 액상의 상기 캔틸레버용 합성수지를 상기 베이스 블록 및 상기 커버 블록 사이로 유입시키는 것을 특징으로 하는 미소 캔틸레버의 제조방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 커버 블록은 폴리디메틸실록산(PDMS)을 포함하며,

상기 캔틸레버용 합성수지는 폴리에틸렌글리콜디아크릴레이트(PEGDA)를 포함하여,

액상의 상기 캔틸레버용 합성수지가 경화되어 형성되는 상기 캔틸레버는 상기 커버 블록에 비접합되는 것을 특징으로 하는 미소 캔틸레버의 제조방법.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 접합 베이스는 유리를 이용하는 것을 특징으로 하는 미소 캔틸레버의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 미소 캔틸레버의 제조방법에 관한 것으로서, 보다 자세하게는, 원자 현미경 해상도 수준의 온도를 측정할 수 있는 기능성 탐침을 갖는 미소 캔틸레버를 제조하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적인 탐침형 원자 현미경(scanning probe microscope)은 캔틸레버(cantilever)라 불리는 미소 외팔보를 이용하여, 그 끝에 수 nm 크기의 탐침(probe)이 형성되어 있다.

[0003] 탐침으로 시료의 표면을 스캔하여 원자 지름의 수십 분의 1인 0.01나노미터(nm) 수준까지 측정할 수 있으며, 광

학 현미경이 최고 수천 배, 전자 현미경이 수십만 배의 배율인 데 비해 원자 현미경은 수천만 배의 배율을 가지며, 높은 해상도를 이용하여 원자구조까지 직접 측정할 수 있다.

[0004] 또한, 원자 현미경으로는 시료 표면의 점탄성, 경도 등의 특성까지 측정할 수 있고, 수 나노미터 크기의 탐침을 이용해 시료를 직접 조작하여 나노미터의 물체를 제조하는 등 나노 산업의 핵심 장치로 이용되고 있으며, 나노 수준의 해상도로 시료의 표면형상, 전기 또는 자기적인 성질까지 알 수 있다.

[0005] 이러한 원자 현미경은 캔틸레버 끝에 있는 탐침이 시료와 가까워지면 원자력에 의하여 캔틸레버가 휘는 동작원리를 이용하며, 캔틸레버가 아래 위로 휘는 것을 측정하기 위하여, 레이저 광선을 캔틸레버에 비추고, 캔틸레버 윗면에서 반사된 광선의 각도를 포토다이오드(photo diode)를 사용한다.

[0006] 원자 현미경의 동작원리는 이미 널리 개시된 사항으로 자세한 설명은 생략하며, 원자 현미경의 핵심부품은 실리콘으로 제작되는 캔틸레버이지만, 원자 현미경의 해상도나 용도를 결정하는 것은 캔틸레버 끝에 형성되는 탐침이 될 수 있으며, 미소 외팔보 상에 탐침을 형성하는 탐침형 원자 현미경이 대한민국 공개특허공보(공개번호: 10-2005-0025702)에 개시된다.

[0007] 상기 공개특허공보를 살펴보면, 텍(215)은 실리콘 웨이퍼(200)를 패터닝하여 제공하고 있다. 따라서, 텍(215)을 다양한 형상으로 제공하기 위해서는 원하는 형상의 마스크를 구비하여야 하고, 마스크를 교체하는 번잡한 공정과정이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 온도를 측정할 수 있는 미소 캔틸레버 제조방법을 제공한다.

[0009] 본 발명은 마스크를 이용하여 미소 캔틸레버 상에 탐침을 형성하는 종래의 번잡한 식각 과정을 배제할 수 있는 미소 캔틸레버 제조방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 예시적인 일 실시예에 따르면, 캔틸레버(cantilever) 및 캔틸레버 상에 제공되는 기능성 탐침(probe)을 갖는 미소 캔틸레버의 제조방법은, 기능성 탐침을 위한 양자점(quantum dot)이 혼합된 액상의 탐침용 용액이 수용되며, 기능성 탐침의 형상에 대응하는 그루브(groove)를 갖는 탐침 몰드를 제공하는 단계; 기능성 탐침의 위치에 대응하여 캔틸레버를 그루브가 형성된 탐침 몰드에 접촉시키는 단계; 캔틸레버를 탐침 몰드에 접촉시킨 상태에서 그루브 내에 수용된 탐침용 용액을 경화시켜 캔틸레버 상에 기능성 탐침을 형성시키는 단계; 및 캔틸레버를 탐침 몰드에서 분리하는 단계를 포함할 수 있다.

[0011] 양자점은 지름 수십 나노미터(nm) 이하의 0차원 반도체 결정물질로서, 워낙 작다 보니 양자역학적인 독특한 특성을 가진다. 예를 들어 양자점의 크기에 따라 단파장부터 장파장에 이르는 태양광을 흡수할 수 있으며, 기존 형광물질보다 더 밝은 형광 빛을 내보내고, 시간이 지남에 따라 형광성질을 잃는 광퇴색(photobleaching)이 적다. 게다가, 온도에 따라 형광 빛의 파장이나 밝기가 달라지는 성질이 있으며, 이러한 성질을 이용하여 온도에 따른 파장이나 밝기의 변화를 측정해 시료의 표면 온도를 측정할 수 있다. 특히, 탐침에 양자점을 넣을 경우 탐침의 끝이 수 nm에서 수 um까지의 지름을 갖고 있기 때문에 원자현미경 해상도 수준의 온도측정 및 온도지도가 그릴 수 있다.

[0012] 또한, 기존 주사열현미경(Scanning Thermal Microscope, SThM)을 이용한 온도측정방식은 열전대를 이용하기 때문에 측정탐침을 제작하는데 많은 공정과 비용이 들지만, 양자점을 통합한 탐침을 이용한 방식의 경우 간단한 공정과 저비용으로 제작할 수 있다는 장점이 있다.

[0013] 또한, 기존 형광 빛을 이용한 방식은 시료에 직접 양자점이나 형광물질을 넣기 때문에 시료에 손상이 가는 경우가 많지만, 양자점을 이용한 탐침을 사용할 경우 시료에 손상이 가지 않는다는 장점이 있다.

[0014] 또한, 종래에 마스크를 이용한 사진 식각을 통한 탐침 제작 과정에서는 마스크를 이용한 노광 및 세척 과정 등의 번잡한 공정들을 순차적으로 거쳐야 했다. 하지만, 본 발명에서는 그루브 내의 탐침용 용액을 경화시켜 간단하게 탐침 제작이 가능해진다.

[0015] 또한, 캔틸레버 표면에서 돌출 제공되는 탐침은 그루브의 형상에 맞춰서 반구(hemisphere), 각뿔(polypyramid),

및 원뿔(circular cone) 등의 다양한 형상으로 제작이 가능하며, 이에 탐침 몰드에 이미 형성되어 있는 상기 그루브의 모양을 변형시킬 수 있다면 더 다양한 형상의 탐침을 제공하는 것이 가능해진다.

- [0016] 따라서, 본 발명에서는 탐침 몰드의 형상을 변형시켜 그루브의 형상을 변형시키고, 그루브의 형상에 대응하는 탐침을 형성시킬 수 있다. 예를 들어, 탐침 몰드를 외부에서 가압할 수 있는 가압부재를 이용하여 탐침 몰드를 가압하고, 가압 과정에서 변형된 그루브의 형상에 대응하는 다양한 형상의 기능성 탐침을 제공할 수 있다.
- [0017] 가압부재에 의해서 탐침 몰드는 상하좌우가 대칭 또는 비대칭으로 변경될 수 있고, 예를 들어, 탐침 몰드를 일 방향에서 가압하여 좌우가 비대칭인 탐침을 얻을 수도 있지만, 복수의 방향에서 탐침 몰드를 가압하고, 이를 이용하여 좌우가 대칭인 탐침을 얻을 수도 있다.
- [0018] 한편, 가압부재로 가압된 그루브에 대응하여 형성된 탐침의 높이는 가압 전의 그루브에 대응하여 형성된 탐침의 높이보다 상대적으로 길어지며, 탐침의 팁(tip)은 상대적으로 날카로워지게 된다.
- [0019] 팁의 날카로움은 미소 캔틸레버가 원자 현미경에 사용되는 경우, 그 해상도와 직결되는 것으로 날카로운 팁을 형성하는 것은 원자 현미경 용도로 사용될 수 있는 탐침을 갖는 미소 캔틸레버를 제조하는 과정에서 상당히 중요한 기술적 부분이다.
- [0020] 즉, 탐침 몰드를 가압하여 다양한 형상의 탐침은 제작할 수 있음은 물론 더 날카로운 탐침을 간단하게 제작할 수 있다.
- [0021] 양자점이 섞여 있는 탐침용 용액은 그루브에 액상으로 제공이 가능하며, 추후 경화 가능한 금속이나 합성수지 등을 사용할 수 있다. 예를 들어, 열 경화제를 포함하여 가열을 통한 경화로 탐침을 제작할 수도 있겠지만, 자외선 경화제를 포함하면 자외선을 통한 경화로 탐침을 형성시킬 수도 있다.
- [0022] 한편, 탐침용 용액을 경화시키고 나서는 캔틸레버를 탐침 몰드에서 떼어내야 하는데, 이 과정에서 탐침이 탐침 몰드에 비교적 쉽게 떨어져 나와야 한다. 따라서, 본 발명에서는 경화된 액상의 탐침용 용액이 캔틸레버에 대해서 탐침 몰드보다 상대적으로 강한 접합성을 갖는 재료를 선택할 수 있다. 예를 들어, 탐침용 용액은 디아크릴레이트(1,6-hexanediol diacrylate; HDDA), 폴리에틸렌글리콜디아크릴레이트(polyethylene glycol diacrylate; PEGDA) 중 어느 하나를 포함할 수 있고, 탐침 몰드는 폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane; PDMS)을 포함할 수 있다.
- [0023] 여기서, 캔틸레버는 탐침용 용액과 동일한 재료 내지 상호 접합성이 뛰어난 재료로 형성될 수 있고, 상술한 재료를 이용한 탐침 및 캔틸레버는 상호 잘 접합되지만, 기능성 탐침은 탐침 몰드에 비접합된다. 이는 산소 투과율이 높은 탐침 몰드 표면의 산소층이 캔틸레버용 합성수지의 중합을 억제하기 때문이다. 따라서, 탐침이 붙어 있는 캔틸레버를 탐침 몰드에서 제거하는 과정에서 탐침이 탐침 몰드에 붙는 문제가 발생하지 않고, 탐침을 탐침 몰드에서 쉽게 떼어낼 수 있다.
- [0024] 또한, 캔틸레버는, 접합 베이스 및 비접합 베이스를 갖는 베이스 블록을 제공하는 단계, 베이스 블록의 상면에 액상의 캔틸레버용 합성수지를 캔틸레버의 두께에 대응하게 제공하는 단계, 및 광 경화제를 포함하는 액상의 캔틸레버용 합성수지에 광을 조사하여 캔틸레버용 합성수지를 접합 베이스 및 비접합 베이스의 경계를 경유하도록 경화시키는 단계를 거쳐서 제공될 수 있으며, 접합 베이스는 경화된 캔틸레버용 합성수지에 대해서 비접합 베이스보다 상대적으로 강한 접합성을 갖는 것을 특징으로 한다.
- [0025] 액상의 캔틸레버용 합성수지를 원하는 캔틸레버의 형상에 대응하게 경화시키고, 비접합 베이스를 접합 베이스에서 제거함으로써, 일단은 접합 베이스에 접합된 상태로 유지되고, 타단은 자유단으로 유지되는 미소 캔틸레버를 제공할 수가 있다. 이때, 접합 베이스는 경화된 캔틸레버용 합성수지에 대해서 비접합 베이스보다 상대적으로 강한 접합성을 가지고 있기 때문에 비교적 용이하게 캔틸레버에서 비접합 베이스만을 떼어낼 수 있다.
- [0026] 또한, 비접합 베이스는 경화된 캔틸레버용 합성수지와 비접합성을 갖는 재질을 이용할 수 있고, 구체적으로, 비접합 베이스는 폴리디메틸실록산(PDMS)을 포함하고, 캔틸레버용 합성수지는 폴리에틸렌글리콜디아크릴레이트(PEGDA)를 포함하여, 액상의 캔틸레버용 합성수지가 경화되어 형성되는 미소 캔틸레버는 접합 베이스 상면에는 쉽게 접합되나, 비접합 베이스의 상면에는 비접합된다. 따라서, 비접합 베이스를 접합 베이스에서 제거하는 과정에서 경화된 캔틸레버용 합성수지에서 비접합 베이스를 쉽게 떼어낼 수 있다.
- [0027] 한편, 액상의 캔틸레버용 합성수지를 캔틸레버의 두께에 대응하는 두께로 제공하는 단계는, 캔틸레버의 두께에 대응하는 간격을 두고 배치되는 베이스 블록 및 커버 블록 사이로 액상의 캔틸레버용 합성수지를 유입시키는 것을 포함할 수 있고, 베이스 블록 및 커버 블록 사이로 액상의 캔틸레버용 합성수지를 유입시키는 방법으로서 주

사나 노즐을 상기 간격에 삽입하고 액상의 캔틸레버용 합성수지를 직접 유입시킬 수도 있고, 베이스 블록 및 커버 블록을 액상의 캔틸레버용 합성수지에 침지시킨 상태에서 압력을 높여 유입시키는 등 다양한 방법들이 있을 수 있다. 또한, 바람직하게는 베이스 블록의 상면 및 커버 블록이 밀착된 상태에서 베이스 블록 및 커버 블록을 이격시켜 모세관 현상에 의해서 액상의 캔틸레버용 합성수지를 베이스 블록 및 커버 블록 사이로 유입시킬 수 있다. 이 경우, 베이스 블록과 커버 블록 사이에 틈이 캔틸레버의 두께에 해당할 수 있으며, 모세관 현상을 이용하여 매우 좁은 틈으로 액상의 캔틸레버용 합성수지를 유입시키는 과정이 가능하고, 이에 매우 얇은 캔틸레버의 제조가 가능해진다.

[0028] 또한, 커버 블록은 경화된 캔틸레버용 합성수지와 비접합성을 갖는 재질을 이용하는 것이 바람직한데, 이는 커버 블록에서 경화된 액상의 캔틸레버용 합성수지를 쉽게 떼어내기 위함이다. 일 예로, 커버 블록은 폴리디메틸실록산을 포함할 수 있고, 캔틸레버용 합성수지는 폴리에틸렌글리콜디아크릴레이트를 포함하여, 액상의 캔틸레버용 합성수지가 경화되어 형성되는 미소 캔틸레버가 커버 블록에 비접합되도록 할 수 있다.

[0029] 접합 베이스로는 경화된 캔틸레버용 합성수지에 잘 접합되는 성질을 갖는 유리를 이용할 수 있다.

[0030] 참고로, 액상의 캔틸레버용 합성수지를 접합 베이스 및 비접합 베이스를 경유하도록 경화시키는 단계는, 캔틸레버용 합성수지에 광 경화제를 포함시키고, 캔틸레버용 합성수지에 자외선 혹은 특정 파장을 갖는 빛을 조사하여 경화시킬 수 있다. 특정 파장의 빛을 이용하여 캔틸레버를 패터닝할 수 있는 포토 리소그래피는 이미 나노 수준까지 패터닝 기술이 발전된 바, 포토 리소그래피 방법을 통해서 보다 정밀하고 설계된 형상대로 캔틸레버를 제작할 수 있다.

발명의 효과

[0031] 탐침에 양자점을 넣을 경우 탐침의 끝이 수 nm에서 수 um까지의 지름을 갖고 있기 때문에 원자현미경 해상도 수준의 온도측정 및 온도지도도를 그릴 수 있는 미소 캔틸레버를 제공할 수 있으며, 양자점은 광퇴색 현상이 적어 온도 측정에 유리하다.

[0032] 또한, 종래에 마스크를 이용한 사진 식각을 통한 탐침 제작 과정에서는 마스크를 이용한 노광 및 세척 과정 등의 번잡한 공정들을 순차적으로 거쳐야 하지만, 본 발명에 따른 미소 캔틸레버의 제조방법에 따르면 그루브 내의 탐침용 용액을 경화시켜 양자점을 갖는 탐침을 간단하게 제작할 수 있다.

[0033] 또한, 종래에 마스크를 이용한 사진 식각을 통해 원하는 형상의 탐침을 위해서 매번 마스크를 교체해야 하고, 번잡한 사진 식각 과정을 다시 거쳐야 하지만, 본 발명에 따른 미소 캔틸레버의 제조방법에 따르면 가압부재를 이용하여 그루브의 형상을 바꿔 다양한 모양의 탐침을 간단하게 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0034] 도 1 내지 도 4는 탐침 몰드를 이용하여 캔틸레버 상에 탐침을 형성시키는 과정을 설명하기 위한 도면들이다.

도 5는 탐침 몰드를 가압하는 가압부재를 배치한 도면이다.

도 6 및 도 7은 가압부재에 의해서 가압되는 탐침 몰드의 상태를 설명하기 위한 평면도들이다.

도 8은 수용 수조 내에 베이스 블록이 안착된 스테이지를 이동시키고, 베이스 블록을 커버 블록의 저면에 밀착시킨 상태에서 액상의 캔틸레버용 합성수지를 수용 수조 내에 채운 상태도이다.

도 9는 스테이지를 하방 이동시켜 접합 베이스 및 비접합 베이스의 상면과 커버 블록 저면 사이로 캔틸레버용 합성수지를 모세관 현상을 이용하여 유입시키는 상태도이다.

도 10은 리소그래피를 통해서 접합 베이스 및 비접합 베이스를 경유하여 형성된 미소 캔틸레버의 상태도이다.

도 11은 비접합 베이스를 제거하여 접합 베이스 상에 한쪽이 접합된 미소 캔틸레버의 상태도이다.

도 12는 미소 캔틸레버를 이용하여 시료의 온도를 측정하기 위한 원자현미경 장치의 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0035] 이하 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 참고로, 본 설명에서 동일한 번호는 실질적으로 동일한 요소를 지칭하며, 이러한 규칙 하에서 다른 도면에 기재된 내용을 인용하여 설명할 수 있고, 당업자에게 자명하다고 판단되거나

반복되는 내용은 생략될 수 있다.

- [0036] 캔틸레버의 재료로 실리콘, 질화 실리콘, 산화 실리콘과 같은 견고한 재료를 이용할 수 있지만, 상술한 재료로 만든 캔틸레버는 작은 스트레스나 힘에는 반응하기 어려워 민감한 센서로의 활용이 제한될 수 있다. 따라서, 본 발명의 캔틸레버의 제조방법에서 사용되는 캔틸레버의 재료로는 소프트하고 민감한 재료를 이용하는 것이 바람직하며, 하이드로겔을 이용할 수 있다. 구체적으로, 하이드로겔에 속하는 폴리에틸렌글리콜디아크릴레이트(Mw = 250, 575; Sigma Aldrich)를 사용할 수 있고, 캔틸레버를 위한 합성수지로는 상기 재질 외에도 ABS수지(acrylonitrile butadiene styrene), 폴리메틸메타크릴레이트(poly methyl methacrylate; PMMA), 폴리이미드(polyimide), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리우레탄(polyurethane), 폴리하이드로메타크릴레이트(poly hydroxyethyl methacrylate; PHEMA), 폴리비닐알코올(poly vinyl alcohol), 폴리비닐피롤리돈, 아크릴로일아세톤(acryloylacetone)/아크릴아미드(acrylamide)/N,N'-메틸렌비스아크릴아미드(N,N'-methylene bisacrylamide; MBAAm) 중 어느 하나를 사용하는 것도 가능하다.
- [0037] 또한, 본 실시예에서 사용되는 탐침용 용액은 기본적으로 양자점을 포함하며, 여기에 디아크릴레이트(HDDA), 폴리에틸렌글리콜디아크릴레이트(PEGDA) 중 어느 하나를 추가할 수 있다. 또한, 탐침용 용액에는 광 개시제(자외선 경화제)가 첨가된다. 광 개시제로는 phenylbis(2,4,6-trimethylbenzoyl), 포스파인 옥사이드(phosphine oxide; Sigma Aldrich)가 사용될 수 있다. 한편, 탐침 몰드는 폴리디메틸실록산(PDMS)를 사용할 수 있다.
- [0038] 또한, 추후에 탐침 형성 과정에서 다시 설명하겠지만, 탐침용 용액을 경화시키고 나서는 캔틸레버를 탐침 몰드에서 떼어내야 하는데, 이 과정에서 탐침이 탐침 몰드에 비교적 쉽게 떨어져 나와야 한다. 따라서, 경화된 액상의 탐침용 용액이 캔틸레버에 대해서 탐침 몰드보다 상대적으로 강한 접합성을 갖는 재료를 선택할 수 있고, 앞서 언급한 재료들이 그러한 성질을 갖는다.
- [0039] 탐침 몰드(110)는 슬라이드 글라스(10) 상에 얹어져 있으며, 슬라이드 글라스(10)는 좌우 이동을 위한 XY 스캐너(XY scanner) 상에 올려질 수 있다. 슬라이드 글라스(10) 하부에는 UV LED(40)가 배치될 수 있고, UV LED(40)는 395nm 파장(λ)을 출사하는 것을 사용할 수 있다. 또한, 탐침이 형성되지 않은 상태의 캔틸레버(130)는 높낮이 조절이 가능한 Z 스캐너에 장착되어 탐침 몰드(110) 상에 접촉 및 이격시킬 수 있다. 참고로, CCD 카메라는 PC와 모니터에 연결되어 제조 공정을 모니터링 하는데 사용될 수 있다.
- [0040] 이하, 도 1 내지 도 4를 참조하여 탐침 몰드를 이용하여 캔틸레버 상에 탐침을 형성시키는 과정을 설명한다.
- [0041] 먼저, 도 1을 참고하면, 탐침 몰드(110)의 그루브(112)에 온도 측정을 위한 양자점을 포함하는 액상의 탐침용 용액(120)을 제공하고, 캔틸레버(130)를 접근시킨다. 그 후에 도 2에 도시되는 것처럼, 탐침이 제공될 위치에 대응하여 캔틸레버(130)를 그루브(112)에 대응하게 밀착시킨다. 그리고 나서, 도 3에 도시되는 것처럼, 캔틸레버(130)를 탐침 몰드(110) 상에 밀착시킨 상태에서 UV LED(40)를 작동시켜 자외선을 통해서 그루브(112) 내의 액상의 탐침용 용액(120)을 경화시킨다. 경화된 액상의 탐침용 용액(120)은 탐침으로 사용될 수 있고, 도 4에 도시되는 것처럼, 캔틸레버(130)를 탐침 몰드(110)에서 떼어내면 탐침(140)이 캔틸레버(130) 상에 붙어 탐침 몰드(110)의 그루브(112)에서 제거된다. 캔틸레버(130) 단부 상면에 탐침(140)이 형성된 미소 캔틸레버(100)를 제작할 수 있다.
- [0042] 여기서, 탐침(140)은 상대적으로 캔틸레버(130)에 더 강한 접착성을 갖기 때문에 쉽게 탐침 몰드(110)에서 떼어낼 수 있다. 구체적으로, 폴리디메틸실록산으로 제공되는 탐침 몰드(110)는 다른 합성수지와 접착이 잘 되지 않는 재료로, 탐침 몰드(110) 근처의 산소 층이 탐침(140) 제작을 위한 탐침용 용액(120)의 중합을 억제하기 때문이다.
- [0043] 또한, 캔틸레버(130) 역시 탐침(140)과 유사한 재질로 제공되기 때문에 상호 밀착은 용이하지만, 캔틸레버(130)는 폴리디메틸실록산 재질의 탐침 몰드(110)에는 접착이 되지 않는다.
- [0044] 종래에 마스크를 이용한 사진 식각을 통한 탐침 제작 과정에서는 마스크를 이용한 노광 및 세척 과정 등의 번잡한 공정들을 순차적으로 거쳐야 하지만, 본 발명에 따른 미소 캔틸레버의 제조방법에 따르면 그루브 내의 탐침용 용액을 경화시켜 간단하게 탐침 제작이 가능해진다.
- [0045] 또한, 본 실시예에서는 하나의 미소 캔틸레버를 제공하는 방법을 일 예로 들어 설명하고 있지만, 복수개의 미소 캔틸레버를 동시에 형성하기 위하여, 복수개의 그루브를 갖는 탐침 몰드 및 복수개의 캔틸레버에 대응하는 캔틸레버 원판을 이용할 수 있고, 추후 하나의 미소 캔틸레버에 대응하게 캔틸레버 원판을 절개 사용할 수 있으며, 그루브 내의 탐침용 용액을 광학적으로 경화시켜 동시에 대량의 미소 캔틸레버를 생산할 수 있다.

- [0046] 이하, 다양한 형상의 탐침을 간단하게 제작할 수 있는 가압부재를 적용한 미소 캔틸레버의 제조방법에 대해서 설명한다.
- [0047] 도 5은 탐침 몰드를 가압하는 가압부재를 배치한 도면이며, 도 6 및 도 7은 가압부재에 의해서 가압되는 탐침 몰드의 상태를 설명하기 위한 평면도들이다.
- [0048] 미소 캔틸레버의 제조방법을 구현하기 위하여 도 6에 도시되는 설비들은 UV LED, 스캐너, 및 CCD를 기본적으로 포함할 수 있고, 상기 동일한 설비에 대한 설명은 앞선 실시예의 설명을 참고할 수 있고, 본 실시예에서는 가압 부재를 중심으로 설명한다.
- [0049] 탐침 몰드(110) 둘레를 따라서 탐침 몰드(110)와 함께 슬라이드 글라스(10) 상에 얹어져 있는 가압부재(150)는 탐침 몰드(110)를 외부에서 가압하여 그루브(112)의 형상을 변경시킬 수 있으며, 이를 통해서 다양한 형상의 탐침 제작이 가능하다.
- [0050] 직육면체 형상의 탐침 몰드(110)의 각 측면을 가압하기 위한 가압로드(152)가 4방으로 배치되고, 가압로드(152)와 탐침 몰드(110) 사이에는 완충블록(154)이 배치되어 가압로드(152)에 의해서 탐침 몰드(110)가 훼손되는 것을 방지한다. 완충블록(154)은 연질의 재질로 제공되어 가압로드(152)에 의해서 굴절될 수 있다.
- [0051] 실시로는 가운데가 비어 있는 틀 내부에 탐침 몰드를 배치하고, 볼트로 제공되는 가압로드를 상기 틀에 회전하도록 설치하여 가압로드를 이용하여 완충블록을 간접적으로 가압함으로써, 탐침 몰드를 가압하도록 설계할 수 있다.
- [0052] 도 6에 도시되는 바와 같이, 가압로드(152)로 가압되지 않은 탐침 몰드(110)의 그루브(112)는 사각뿔 형상을 유지하고 있지만, 도 7에 도시되는 바와 같이, 가압로드(152)로 가압된 탐침 몰드(110)의 그루브(112)는 찌그러진 사각뿔로 형상이 변형된다.
- [0053] 참고로, 가압부재를 이용하여 탐침 몰드를 가압하는 과정은 탐침용 용액을 경화시키기 전의 어느 단계에서나 실시할 수 있다. 예를 들어, 그루브에 탐침용 용액을 제공하기 전후의 어느 단계에서나 탐침 몰드를 가압할 수도 있으며, 캔틸레버를 탐침 몰드에 접속시키고 나기 전후 어느 단계에서나 탐침 몰드를 가압할 수 있다.
- [0054] 가압부재(150)를 통해서 형성된 탐침은 가압 전의 그루브에 대응하여 형성된 탐침보다 상대적으로 길고, 상대적으로 날카로워지게 된다. 이는 더 높은 해상도의 원자 현미경 용도의 탐침 제조가 가능해지는 것을 의미한다.
- [0055] 도 8은 수용 수조 내에 베이스 블록이 안착된 스테이지를 이동시키고, 베이스 블록을 커버 블록의 저면에 밀착시킨 상태에서 액상의 캔틸레버용 합성수지를 수용 수조 내에 채운 상태도이고, 도 9는 스테이지를 하방 이동시켜 접합 베이스 및 비접합 베이스의 상면과 커버 블록 저면 사이로 캔틸레버용 합성수지를 모세관 현상을 이용하여 유입시키는 상태도이며, 도 10은 리소그래피를 통해서 접합 베이스 및 비접합 베이스를 경유하여 형성된 미소 캔틸레버의 상태도이고, 도 11은 비접합 베이스를 제거하여 접합 베이스 상에 한쪽이 접합된 미소 캔틸레버의 상태도이다.
- [0056] 미소 캔틸레버의 제조방법에서 사용되는 캔틸레버용 합성수지는 하이드로겔에 속하는 폴리에틸렌글리콜디아크릴레이트(Mw = 250, 575; Sigma Aldrich)를 포함한다.
- [0057] 또한, 본 실시예에서는 폴리에틸렌글리콜디아크릴레이트에 광 개시제(자외선 경화제)가 폴리에틸렌글리콜디아크릴레이트에 1:99 질량 비로 첨가된다. 여기서, 광 개시제로는 phenylbis(2,4,6-trimethylbenzoyl), 포스파인 옥사이드(phosphine oxide; Sigma Aldrich)가 사용될 수 있다. 그리고, 광 개시제가 첨가된 폴리에틸렌글리콜디아크릴레이트는 24시간 동안 교반된다.
- [0058] 스테이지(202) 위에는 베이스 블록(210)이 얹어져 있는데, 먼저, 베이스 블록(210)의 제작 방법을 간단히 언급한다.
- [0059] 베이스 블록(210)은 접합 베이스(212) 및 비접합 베이스(214)를 포함하되, 접합 베이스(212) 및 비접합 베이스(214)의 상면이 하나의 면으로 형성되면 되며, 상기 베이스 블록(210)의 상면에는 추후 미소 캔틸레버가 안착되는 바, 평탄하게 제공되는 것이 바람직하다. 구체적으로, 접합 베이스(212)로서 사용될 수 있는 절단된 유리 슬라이스 조각을 페트리 접시 상에 놓고, 비접합 베이스(214)를 위한 폴리디메틸실록산을 상기 접시 안에 채운다. 그 후 이를 경화시키고 나서, 앞서 언급한 데로, 접합 베이스(212) 및 비접합 베이스(214)의 상면이 평탄한 하나의 면을 형성하도록 비접합 베이스(214)를 설계된 대로 절개한다.
- [0060] 이렇게 만들어진 베이스 블록(210)을, 도 8에 도시되는 바와 같이, 상하와 좌우 이동이 가능한 3-축 마이크로

스테이지(202) 상에 설치하고 빈 수용 수조(240) 상에 배치한다. 그리고, 수용 수조(240)를 커버 블록(220)으로 덮는다. 그 후에, 베이스 블록(210)을 스테이지(202)에서 수직 이동시켜 커버 블록(220)에 부드럽게 접촉시키며, 준비된 액상의 캔틸레버용 합성수지(230)를 수용 수조(240)에 채울 수 있다.

- [0061] 그 후에, 도 9에 도시되는 바와 같이, 베이스 블록(210)을 설계된 거리만큼 커버 블록(220)에서 분리시키면, 그 즉시 캔틸레버용 합성수지(230)가 모세관 힘에 의해서 베이스 블록(210)과 커버 블록(220) 사이의 간격을 채우기 위해서 이동한다. 상기 분리 간격은 최종적으로 미소 캔틸레버(130)의 두께를 결정한다.
- [0062] 본 실시예에서는 베이스 블록과 커버 블록 간의 이격된 틈 사이로 캔틸레버용 합성수지를 모세관 현상에 의해서 유입시키지만, 경우에 따라서, 캔틸레버용 합성수지를 베이스 블록 상에 직접 인쇄나 도포할 수도 있다. 또한, 캔틸레버용 합성수지가 채워진 수용 수조 바닥(이 경우는 수용 수조 바닥이 커버 블록에 대응할 수 있음)에서부터 베이스 블록을 이격시키는 방법을 선택할 수도 있다. 어느 경우든, 베이스 블록과 커버 블록 사이의 간격이 미소 캔틸레버의 두께에 대응될 수 있다.
- [0063] 그리고 나서, 미소 캔틸레버(130)는 빔 프로젝터 또는 405nm 파장(λ)의 UV 발광 다이오드에 의해 생성된 동적 마스크 리소그래피를 사용하여 원하는 모양과 크기로 베이스 블록(210)의 접합 베이스(212) 및 비접합 베이스(214)의 경계를 경유하여 가교된다. 리소그래피 공정은 본 실시예에서 제시하는 방법 외에도 액상의 캔틸레버용 합성수지(230)를 미소 캔틸레버 형상으로 경화시킬 수 있는 범위 내에서 이미 널리 개시된 기술을 두루 적용할 수 있다. 참고로, 본 실시예에서 빛의 노출 밀도와 시간은 0.15 mW/cm^2 및 2~5초이다.
- [0064] 한편, 폴리디메틸실록산으로 제공되는 비접합 베이스(214)는 다른 합성수지와 접촉이 잘 되지 않아 몰딩 시 널리 사용되는 재료로, 비접합 베이스(214) 근처의 산소 층이 캔틸레버용 합성수지(230)의 중합을 억제하기 때문이다.
- [0065] 참고로, 액상의 캔틸레버용 합성수지 즉, 하이드로젤이 경화 될 때 유리 또는 금속의 표면에는 접착이 되면서 경화가 되지만, PDMS에는 접착이 되지 않는다. 그 이유는 PDMS는 산소투과성 물질이기 때문에 표면에 항상 얇은 산소 층(oxygen inhibition layer)이 존재하기 때문이다. 이런 이유로 유리와 PDMS를 사용하여 만든 베이스 블록에서 하이드로젤 캔틸레버를 경화시킬 경우 접합 베이스에 대응하는 캔틸레버 부분은 유리와 접착이 되고, 캔틸레버의 자유단 부분은 PDMS에서 아주 쉽게 떨어진다.
- [0066] 또한, 커버 블록을 제작함에 있어서도 중요한 것은 하이드로젤이 경화될 때 접착 여부이다. 커버 블록은 기본적으로 투과성 물질이어야 한다. 유리를 커버 블록으로 사용하기 위해서는 유리 표면에 표면처리를 해 주어야 하는데, 이때 PDMS를 스핀 코팅하여 경화한 후 커버 블록으로 사용할 수 있다. PDMS에는 하이드로젤이 붙지 않으므로 표면처리에 사용한다. 두 물질 모두 투과성이 좋아, 이 용도에 적합하다. 또는 패턴을 제작한 PDMS를 두껍게 만들어 쉽게 커버 블록으로 사용할 수 있다.
- [0067] 따라서, 캔틸레버(130)는 접합 베이스(212) 상면에는 접합되나, 돌출된 부분(추후 자유단 부분)은 부드럽게 비접합 베이스(214) 상에 얹어질 뿐 접합되지는 않는다. 따라서, 캔틸레버용 합성수지(230)를 경화시켜 캔틸레버(130)를 형성하고, 비접합 베이스(214)를 접합 베이스(212)에서 쉽게 떼어낼 수 있다. 참고로, PC와 모니터에 연결된 CCD 카메라를 이용하여 제조 공정을 모니터링 하는데 사용될 수 있다.
- [0068] 본 실시예에서는 특정한 모양의 미소 캔틸레버를 위하여 빔 분할장치를 사용하고 있으며, 설계된 미소 캔틸레버의 형상에 대응하게 광을 투과시킬 수 있는 마스크를 사용할 수도 있다.
- [0069] 캔틸레버(130)를 접합 베이스(212)와 비접합 베이스(214)를 경유하게 가교 시키고 나서, 캔틸레버(130) 주변의 빛에 노출되지 않은 캔틸레버용 합성수지(230)는 이소프로필 알코올(isopropyl alcohol; IPA) 및 물로 세척하고, 실온에서 건조된다.
- [0070] 건조된 미소 캔틸레버(130)는 더욱 단단한 가교를 위하여 1~2분 추가로 자외선에 노출시킬 수 있다.
- [0071] 또한, 커버 블록(220)은 커버 글라스(222) 및 커버 글라스(222)를 수용하는 커버 합성수지(224)를 포함하는데, 커버 합성수지(224)는 폴리디메틸실록산을 포함하며, 캔틸레버용 합성수지(230)를 경화시키는 과정에서, 커버 합성수지(224) 저면의 산소층이 캔틸레버용 합성수지(230)의 중합을 억제하여 미소 캔틸레버(130)는 커버 합성수지(224)의 저면에는 비접합된다. 따라서, 미소 캔틸레버(130)를 패터닝 한 후에 커버 블록(220)을 미소 캔틸레버(130)에서 떼어내는 과정이 용이하다.
- [0072] 한편, 베이스 블록(210)에서 미소 캔틸레버(130)를 꺼내려면, 비접합 베이스(214)를 커터로 절개하여 쉽게 꺼낼

수 있으며, 이는 도 12에 도시되어 있으며, 미소 캔틸레버(130)는 접합 베이스(212)에 한쪽 단부가 외팔보 형태로 고정되어 접합 베이스(212)와 미소 캔틸레버(130)를 갖는 캔틸레버 블록을 제공할 수 있고, 이는 다양한 센서로 사용될 수 있다.

[0073] 특히, 커버 블록(220)의 저면에 대응하게 미소 캔틸레버(130)의 상면을 형성할 수 있고, 특히, 미소 캔틸레버(130)의 상면을 평탄하게 형성하는 것이 용이하여, 앞서 설명한 탐침을 그 위에 탑재하는 것이 매우 용이하다.

[0074] 도 12에는 앞서 언급된 미소 캔틸레버를 이용하여 시료의 온도를 측정하기 위한 원자현미경 장치가 도시되며, 도 12를 참조하면, 레이저(laser)에서 출사된 광은 파장판(wave plate) 및 빔 분할장치(beam splitter)를 거쳐서 캔틸레버 마운트(cantilever mount)에 안착시켜 놓은 양자점을 갖는 미소 캔틸레버(quantum dot integrated cantilever)에 조사된다. 이 광은 다시 포토다이오드(photodiode)로 이동되어 시료의 온도를 측정한다. 참고로, 반도체 다이오드의 일종으로 광다이오드라고도 하며, 빛에너지를 전기에너지로 변환할 수 있는 광센서의 한 종류이다.

[0075] 레이저 광이 시료에 조사되어 캔틸레버의 탐침에서 시료의 온도를 측정하는 일련의 과정은 PC 모니터에 연결된 CCD 카메라를 통해서 관찰할 수 있다.

[0076] 또한, 압전 스테이지(piezo stage)에 안착되어 있는 시료에는 여기 광선원(excitation light source)에서 여기 필터(excitation filter)를 거쳐서 시료로 조사될 수 있고, 이 역시 CCD 카메라를 통해서 관찰할 수 있다.

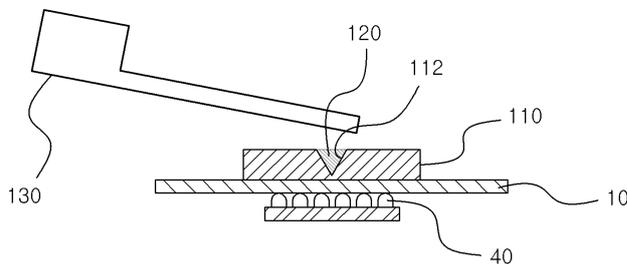
[0077] 상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만 해당 기술분야의 숙련된 당업자라면 하기의 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

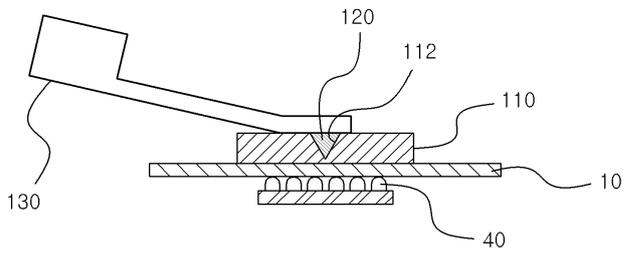
- | | | |
|--------|---------------|-------------|
| [0078] | 10 : 슬라이드 글라스 | 40 : UV LED |
| | 110 : 탐침 물드 | 112 : 그루브 |
| | 120 : 탐침용 용액 | 130 : 캔틸레버 |
| | 140 : 기능성 탐침 | 150 : 가압부재 |
| | 152 : 가압로드 | 154 : 완충블록 |

도면

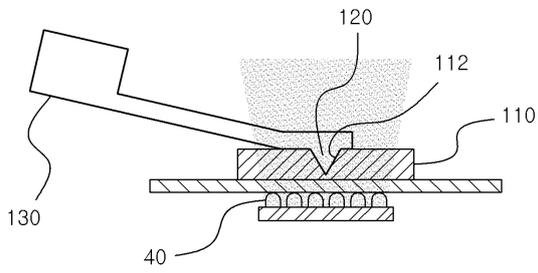
도면1



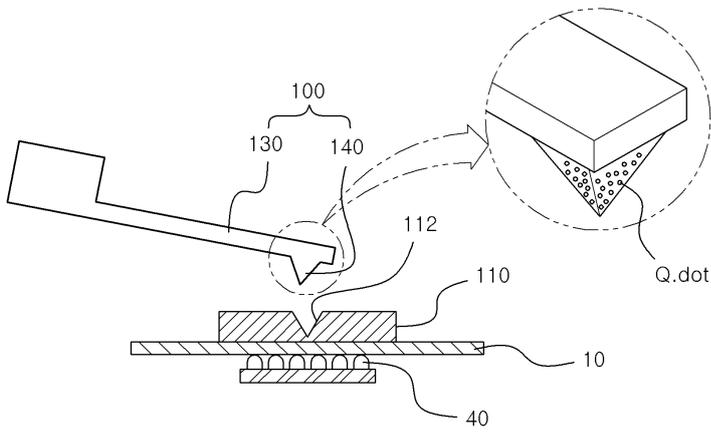
도면2



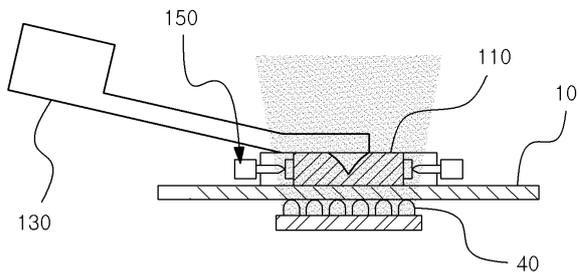
도면3



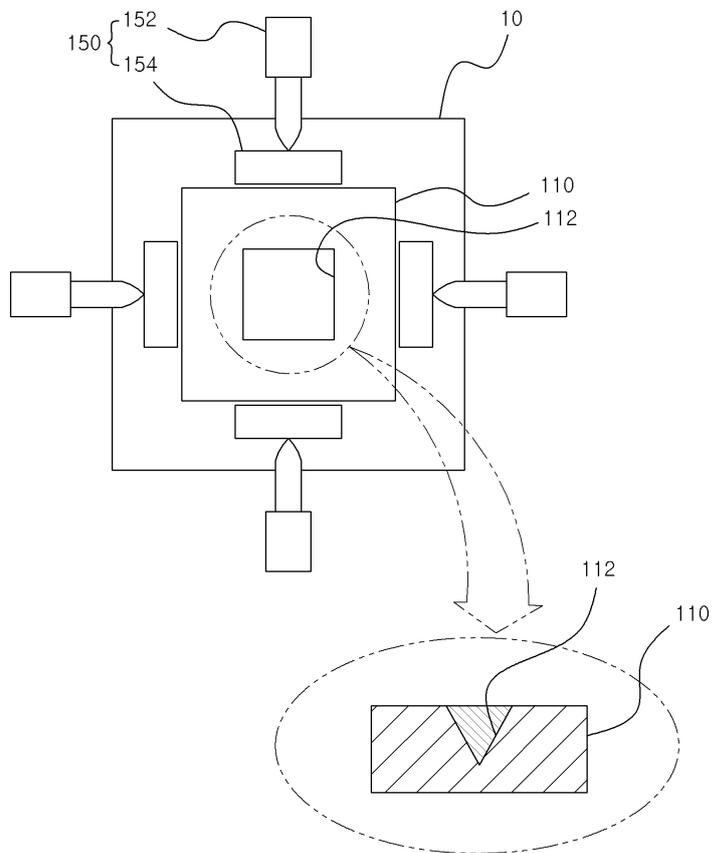
도면4



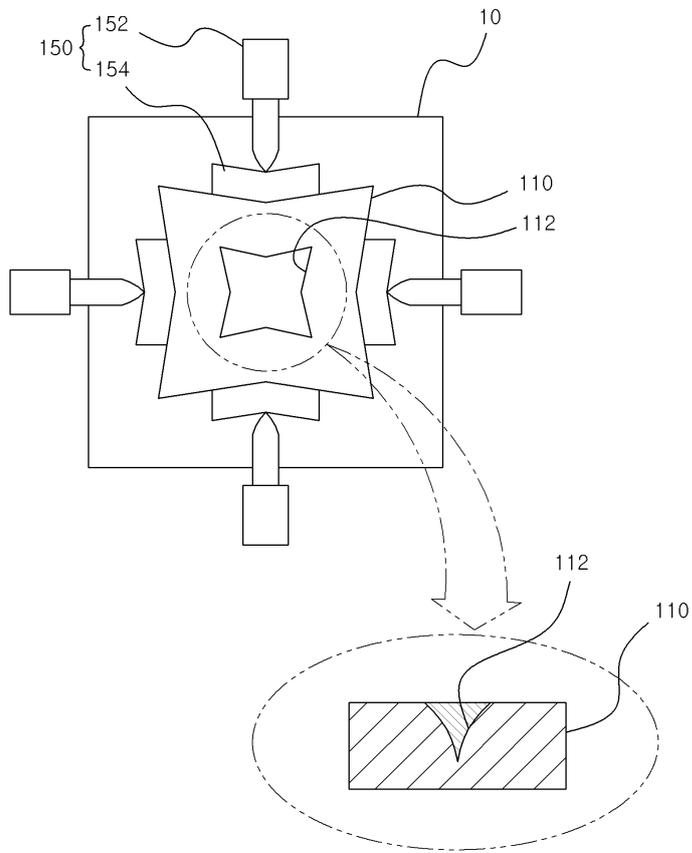
도면5



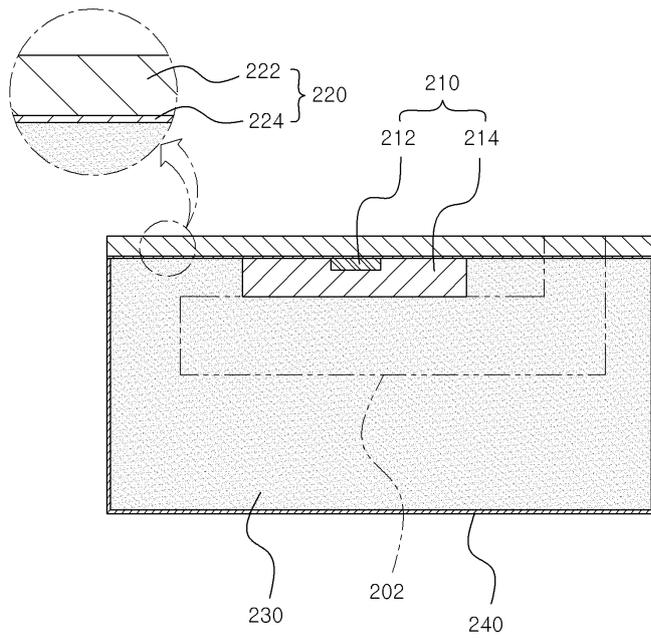
도면6



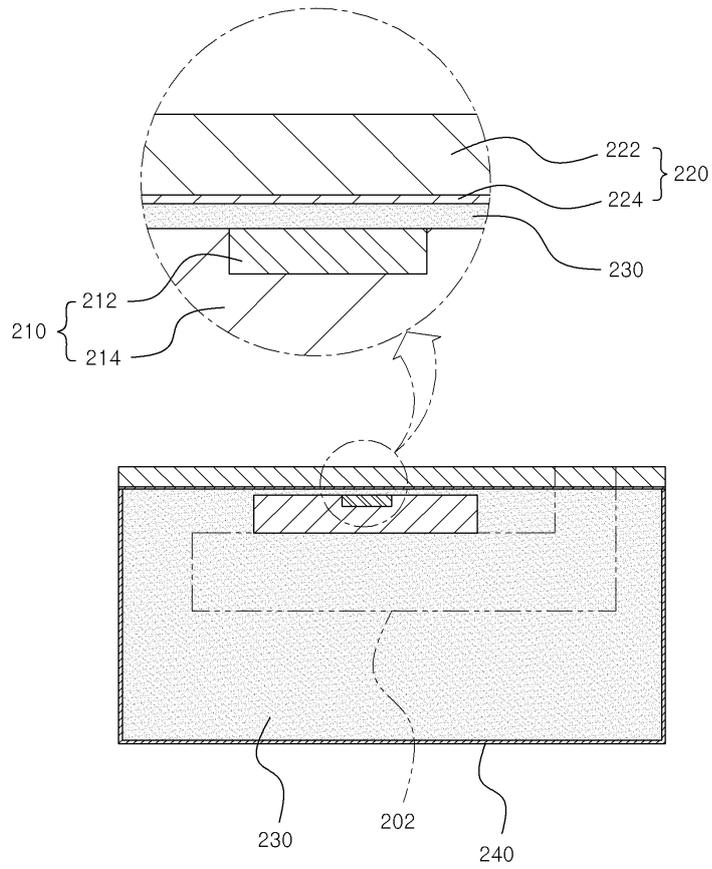
도면7



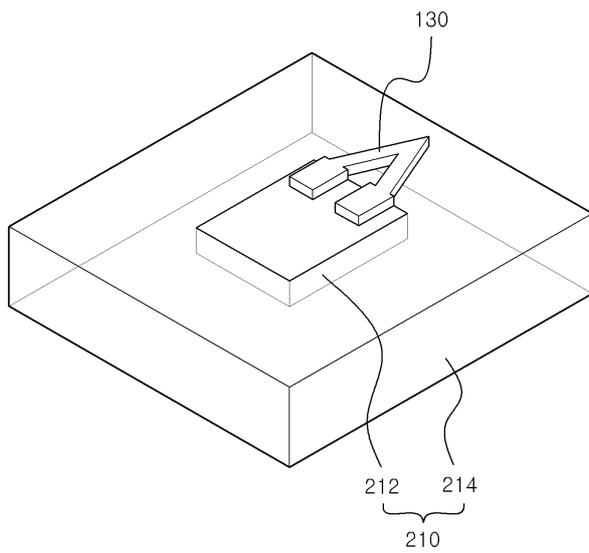
도면8



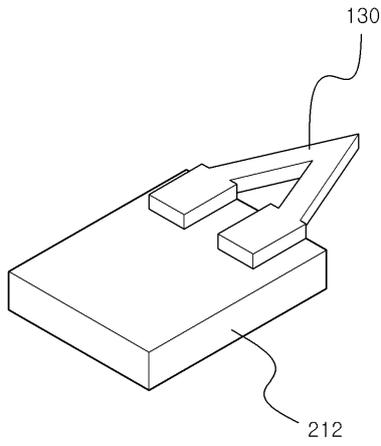
도면9



도면10



도면11



도면12

